Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science
Région du Centre et de l'Arctique
Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2013/044

AVIS SUR LA VALIDITÉ DE LA TAXONOMIE ET LES UNITÉS DÉSIGNABLES DES POPULATIONS DE CISCO À MÂCHOIRES ÉGALES (*Coregonus zenithicus*) AU CANADA

*Cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*)*
© Pêches et Océans Canada
Illustrateur : Paul Vecsei, Ph. D.

Figure 1. Répartition actuelle de l'hypothétique cisco à mâchoires égales au Canada (adapté de Murray 2006).

Contexte :

*Le cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*) a été évalué pour la première fois par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) en avril 1987. Il a alors été désigné comme étant menacé. La désignation a été réexaminée et confirmée en mai 2003. Le cisco à mâchoires égales est actuellement inscrit en tant qu'espèce menacée à l'Annexe 2 de la* Loi sur les espèces en péril *(LEP) (les dispositions de l'Annexe 1 ne s'y appliquent pas). Le COSEPAC réévaluera le cisco à mâchoires égales dans le cadre de son cycle d'examen de 10 ans. Pêches et Océans Canada (MPO) doit fournir au COSEPAC les meilleurs et plus récents renseignements disponibles sur l'espèce pour assurer une évaluation précise et complète. Ces renseignements ont été examinés par des pairs lors d'une réunion préalable à l'évaluation du COSEPAC. En plus des analyses et des données examinées par des pairs, un second objectif de cette réunion d'évaluation consistait à formuler un avis scientifique sur la validité taxonomique du cisco à mâchoires égales dans les Grands Lacs laurentiens et, dans l'affirmative, à déterminer les unités désignables (UD) devant être reconnues au Canada. Ces questions ont fait l'objet d'un débat continu dans la documentation scientifique, et leur résolution assurera l'évaluation précise de l'espèce par le COSEPAC.*

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 30 au 31 octobre 2012 sur l'Examen pré-COSEPAC concernant le cisco à mâchoires égales. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

Novembre 2013

Canada

SOMMAIRE

- Une approche taxonomique axée sur la morphologie ne fonctionne généralement pas pour les ciscos du Nouveau Monde dans toute leur aire de répartition; cependant, en ce qui concerne les Grands Lacs et le lac Nipigon, on peut se fier à une validité historique.
- Le risque de perte de diversité associée à l'approche taxonomique normale est très élevé.
- Une approche axée sur des groupes d'espèces morphologiquement très similaires permettra vraisemblablement de délimiter de façon plus complète et représentative les UD, et donc d'évaluer plus précisément la conservation de l'espèce.
- Le cisco à mâchoires égales ne représente qu'une seule espèce proposée parmi les ciscos du Nouveau Monde auxquels l'avis s'applique – l'avis et l'approche s'appliquent généralement dans les situations où plusieurs formes de ciscos sont présentes et semblent avoir dérivé au moyen de processus d'évolution sympatrique.
- Il faut appliquer l'approche à l'échelle d'un plan d'eau.
- Il est recommandé d'utiliser une approche fondée sur la pondération de plusieurs éléments de preuve comprenant le plus grand nombre possible d'aspects de la biologie du cisco (p. ex., morphologie, écologie, biologie ou cycle biologique, génétique).
- D'après les connaissances actuelles, l'application de cette approche à la diversité des ciscos du Nouveau Monde donnera visiblement 15 unités désignables; il pourrait y en avoir davantage si d'autres données probantes sont recueillies.
- L'étude de l'applicabilité de l'approche axée sur des groupes d'espèces morphologiquement très similaires dans des situations semblables pour d'autres groupes taxonomiques pourrait accroître son utilité générale (p. ex., épinoches, corégones).
- Cette approche peut faciliter l'application d'une gestion axée sur l'écosystème et la réalisation d'analyses des menaces pour la biodiversité du cisco (aucune analyse détaillée des menaces n'a été menée dans le cadre de la présente analyse).

RENSEIGNEMENTS DE BASE

En avril 1987, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a désigné le cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*) comme espèce menacée. La désignation a été réexaminée et confirmée en mai 2003. Le cisco à mâchoires égales a été inscrit à l'annexe 2 de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) lorsque celle-ci a été promulguée en juin 2003. Les Annexes 2 et 3 de la LEP sont réservées aux espèces désignées comme étant en péril par le COSEPAC avant l'entrée en vigueur de la LEP. Ces espèces doivent faire l'objet d'un nouvel examen conformément aux nouveaux critères de la loi avant d'être ajoutées à l'Annexe 1, et donc de bénéficier d'une protection juridique ou d'être retirées de la liste.

En juin 2006, le gouverneur général en conseil a renvoyé l'évaluation du cisco à mâchoires égales au COSEPAC à des fins d'examen et d'ajout de renseignements.

Dans le cadre de son cycle d'examen de dix ans, le COSEPAC réévaluera le cisco à mâchoires égales. Pour assurer une évaluation précise et complète, le MPO doit fournir au COSEPAC les meilleurs et plus récents renseignements disponibles sur l'espèce. Une réunion préalable à l'évaluation du COSEPAC est tenue par le Secteur des sciences du MPO pour faire examiner cette information par des pairs. L'évaluation du cisco à mâchoires égales préalable à celle du COSEPAC a eu lieu les 30 et 31 octobre 2012 à Burlington, en Ontario.

En général, de ce type d'évaluation découlent des documents de recherche du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) et des procès-verbaux qui résument les principaux points abordés lors de la réunion. Toutefois, dans le cas du cisco à mâchoires égales, un second objectif de la réunion (en plus de l'examen par des pairs) consistait à formuler un avis scientifique sur la validité taxonomique du cisco à mâchoires égales en dehors des Grands Lacs laurentiens et, dans l'affirmative, à déterminer les unités désignables (UD) devant être reconnues au Canada. Ces questions interreliées font l'objet d'un débat continu dans la documentation scientifique. Leur résolution assurera l'évaluation précise de l'espèce par le COSEPAC.

Description, identification et répartition de l'espèce

Le cisco à mâchoires égales est un membre d'une sous-famille des salmonidés, les corégonidés. Son corps est de forme elliptique et est couvert de grandes écailles lisses. Il est souvent de couleur argent, avec des teintes vert olive ou tan, et son ventre est blanc. La mâchoire inférieure est habituellement égale à la mâchoire supérieure ou plus courte que celle-ci. La bouche est petite et dépourvue de dents (Eddy et Underhill 1978; Becker 1983). La longueur standard varie dans toute l'aire de répartition de l'espèce, allant de moins de 150 mm (p. ex., lac George, au Manitoba) à environ 400 mm (p. ex., lac Nipigon, en Ontario). Les plus gros spécimens pèsent jusqu'à 300 g. Le nombre de branchiospines est l'un des principaux caractères servant à identifier cette espèce. Le cisco à mâchoires égales a généralement moins de 40 branchiospines sur le premier arc branchial, tandis que la majorité des autres espèces de cisco en comptent plus de 40 (Todd 2003). Les branchiospines du cisco à mâchoires égales sont habituellement plus courtes que chez la majorité des autres espèces de cisco (Becker 1983).

Le cisco à mâchoires égales est largement répandu dans le centre du Canada (figure 1), mais on le trouve surtout dans les Grands Lacs laurentiens. Cette espèce a été décrite pour la première fois par Jordan et Evermann (1909) d'après un spécimen capturé dans les eaux profondes au large d'Isle-Royale, dans le lac Supérieur. Son aire de répartition s'étend actuellement de l'Ontario jusqu'au Grand lac des Esclaves dans les Territoires du Nord-Ouest (Clarke 1973; Houston 1988; Scott et Crossman 1973; Todd et Steinhilber 2002; Etnier et Skelton 2003; Murray et Reist 2003). Un cisco à mâchoires égales aurait récemment été identifié dans le Grand lac de l'Ours, dans les Territoires du Nord-Ouest (Howland *et al.* 2013); par conséquent, son aire de répartition pourrait s'étendre beaucoup plus au nord que ce que l'on pensait.

Unités désignables

Le COSEPAC définit les unités désignables (UD) comme étant distinctes et importantes dans l'évolution taxinomique d'une espèce. Par « important », on entend une unité qui est significative pour l'héritage évolutif d'une espèce et dont la perte ne pourrait probablement pas être compensée par une dispersion naturelle (p. ex., des sous-espèces, des populations ou groupes de populations distincts et importants). La section suivante souligne les difficultés liées à la désignation des UD du cisco à mâchoires égales et des autres ciscos du centre du Canada.

Éléments systématiques du cisco

La section suivante est un résumé des éléments systématiques du cisco inclus ici en tant que renseignements de base. La taxonomie du cisco, surtout en Amérique du Nord, demeure non confirmée. Les preuves indiquent l'existence de deux ou trois variantes au sein du groupe de ciscos – les ciscos du Nouveau Monde et les ciscos de l'Ancien Monde, et certains auteurs

reconnaissent deux variantes parmi les ciscos du Nouveau Monde (p. ex., Smith et Todd 1984). Les désignations Nouveau Monde et Ancien Monde font référence à l'origine de la lignée.

Les ciscos de l'Ancien Monde comprennent toutes les formes eurasiennes (selon Kettelat et Freyhof [2007]) : *C. albula* (corégone blanc), *C. fontanae*, *C. kiletz*, *C. ladogae*, *C. lucinensis*, *C. trybomi*, *C. vandesius*, *C. vessicus*, *C. sardinella* (cisco sardinelle), *C. autumnalis* (cisco arctique) (dispersion secondaire en Amérique du Nord) et *C. laurettae* (cisco du Bering) (proche parent de *C. autumnalis* [cisco arctique]). De ce point de vue, la Béringie est considérée comme faisant partie de l'Ancien Monde (Chereshnev 1979; Lindsey et McPhail 1986; Politov *et al.* 2004).

Les ciscos du Nouveau Monde comprennent les espèces des Grands Lacs (notamment les occurrences de l'intérieur du pays; voir ci-dessous). Sept espèces sont actuellement reconnues dans les Grands Lacs laurentiens et dans le lac Nipigon : *C. artedii* (cisco de lac), *C. johannae* (cisco de profondeur), *C. hoyi* (cisco de fumage), *C. kiyi* (cisco kiyi), *C. nigripinnis* (cisco à nageoires noires), *C. reighardi* (cisco à museau court) et *C. zenithicus* (cisco à mâchoires égales). La diversité des espèces de cisco dans les lacs intérieurs n'est pas aussi élevée et comprend généralement les espèces suivantes : *C. artedii*, *C. nigripinnis* et l'hypothétique *C. zenithicus*. Cependant, Scott et Crossman (1973) ont traité *C. nigripinnis* des lacs intérieurs comme étant une forme probable de *C. artedii*. *C. nigripinnis cyanopterus* des lacs Supérieur et Nipigon a été associé à *C. zenithicus* (Todd *et al.* 1981). En outre, *C. nipigon* (pas encore reconnu par l'American Fisheries Society) est présent dans les Grands Lacs et dans le lac Nipigon ainsi que dans des lacs intérieurs de l'Amérique du Nord. *C. nipigon* a été décrit par Koelz (1929), mais il a par la suite été associé à *C. artedii* par Scott et Crossman (1973) et par Smith et Todd (1984; 1992). Etnier et Skelton (2003) ont ensuite retiré l'association avec *C. nipigon* en affirmant qu'il s'agissait en fait d'une espèce valide d'après ses caractéristiques méristiques et morphométriques. L'American Fisheries Society n'a pas reçu cette publication avant la publication de Nelson *et al.* (2004), de sorte qu'elle n'a pas été examinée ni reconnue. *C. alpenae* a aussi été reconnu par Koelz (1929), mais il est maintenant considéré comme un synonyme plus récent de *C. zenithicus* dans les lacs Huron, Érié et Michigan (Todd *et al.* 1981). On pense que *C. reighardi* et *C. johannae* ont disparu du pays et que *C. kiyi* a disparu des lacs Ontario, Huron et Michigan.

La diversité dans certains groupes de poissons est problématique sur le plan taxonomique en ce qui concerne leur évaluation par des mécanismes comme le COSEPAC. On observe généralement deux problèmes interreliés. Tout d'abord, la différenciation de la diversité présente à des sites donnés peut poser problème, car plusieurs méthodes peuvent être utilisées; par exemple, des critères morphologiques, biologiques, écologiques et génétiques ont été utilisés pour distinguer les formes (taxons) de cisco dans les sites et entre les sites. À cet égard, il y a l'alignement des taxons observés selon un ordre particulier dans une hiérarchie taxonomique. Ensuite, l'attribution des diverses formes à un taxon proposé (généralement une espèce) nécessite une démonstration ou une hypothèse de l'homologie de la lignée. Autrement dit, en ce qui concerne les populations de poissons d'eau douce qui sont plus ou moins isolées des autres par des obstacles terrestres, la concordance des différences ou des similitudes des principaux caractères entre les sites est généralement considérée comme une preuve de conspécificité. La concordance ou la variation des caractères découlant de l'évolution convergente pourrait donc entraîner l'établissement d'homologies erronées. En plus de cette situation, on doit tenir compte des circonstances uniques de cours d'eau particuliers où sont présents certains poissons. En ce qui concerne les ciscos du Nouveau Monde, ils semblent présents dans des habitats complexes de lacs postglaciaires de tailles variées, dont la formation après la glaciation et dont la colonisation par les poissons se sont produites à divers moments. Ces lacs présentent souvent un faible niveau de diversité d'autres espèces de

poisson. La résolution de ces questions relatives aux ciscos du Nouveau Monde et la délimitation des unités désignables sont essentielles à la conservation de la diversité sous-jacente.

Il est difficile d'identifier les espèces des Grands Lacs, particulièrement l'hypothétique cisco à mâchoires égales, en raison des niveaux élevés de variation écologique et morphologique affichés par ce groupe ainsi que de la convergence des caractères utilisés pour distinguer cette espèce (Turgeon et Bernatchez 2003; Murray et Reist 2003). On n'a pas défini de caractère diagnostique pour ces espèces et on ne dispose d'aucune clé d'identification. De plus, les analyses génétiques n'ont pas réussi à résoudre cette question (Bodaly *et al.* 1991; Bernatchez *et al.* 1991; Lockwood *et al.* 1993; Sajdak et Phillips 1997; Reed *et al.* 1998; Turgeon *et al.* 1999; Steinhilber *et al.* 2002; Turgeon et Bernatchez 2003). Cela a donné lieu à un questionnement sur la validité de certaines espèces, notamment le cisco à mâchoires égales (Steinhilber et Rhude 2001; Turgeon et Bernatchez 2003). Cette incertitude a été abordée de différentes manières dans la documentation scientifique. Belly et Smith (1981) ainsi que Turgeon et Bernatchez (2001a, b; 2003) ont recommandé que toutes les espèces des Grands Lacs (voir ci-dessus) soient reconnues comme faisant partie de l'espèce *C. artedii* (*sensu lato*) ou du complexe de *C. artedii*. Etnier et Skelton (2003) ont affirmé que cette approche ne permettait pas de reconnaître la diversité présente dans ce groupe de poissons et qu'elle ne tenait pas compte de l'occurrence de multiples morphologies distinctes dans les lacs intérieurs. Smith et Todd (1984) ont proposé une approche initiale axée sur des groupes d'espèces morphologiquement très similaires pour les ciscos des Grands Lacs. Ils ont supposé qu'il y avait eu deux colonisations des Grands Lacs suivant la dernière glaciation par *C. artedii* et *C. zenithicus* en tant que colonisateurs d'origine (d'après leur répartition ailleurs que dans les Grands Lacs) et que les autres espèces avaient dérivé après la glaciation. Ils ont reconnu deux assemblages monophylétiques, le groupe *artedii – nipigon* et son possible groupe frère *hoyi* et *kiyi*, ainsi que le groupe *zenithicus – alpenae – johannae – reighardi – nigripinnis*.

ÉVALUATION

Le manque de correspondance entre la taxonomie, la morphologie, l'écologie et la génétique (voir tableau 1) entre les lacs indique un problème général quant à la définition des unités désignables du cisco à mâchoires égales et des autres ciscos concernés qui sont présents dans le centre du Canada. En ce qui a trait à ces ciscos, il apparaît clairement que les approches taxonomiques ordinaires ne permettent pas 1) d'établir une différence claire entre les taxons à l'échelle de l'espèce, et 2) de définir des espèces homologues (ou taxons) à plusieurs emplacements dans l'aire de répartition. En conséquence, on recommande une approche de délimitation des unités désignables des ciscos axée sur le concept de groupe d'espèces morphologiquement très similaires. L'expression « groupe d'espèces morphologiquement très similaires » a plusieurs définitions, notamment : a) un niveau élevé d'endémicité parmi les espèces constituantes, leur étroite relation phylogénétique (monophylétique) et leur circonscription géographique (Greenwood 1984), b) un assemblage d'un nombre disproportionnellement élevé (par rapport aux environs) d'espèces étroitement liées qui ont apparemment évolué rapidement dans une zone excessivement restreinte à laquelle toutes les espèces concernées sont endémiques (la monophylie récente n'est pas une exigence de cette définition) (Ribbink 1984), et c) un groupe monophylétique d'espèces vivant dans un lac ou étant originaires d'un lac (Smith et Todd 1984).

Il apparaît évident qu'il n'existe pas seulement une définition convenue pour l'expression « groupe d'espèces morphologiquement très similaires » dans la documentation scientifique (voir Mayr 1984; Greenwood 1984). Cependant, parmi les éléments communs entre les définitions, on retrouve les critères suivants : a) endémique à une zone géographiquement

limitée; b) monophylie récente; c) un grand nombre d'espèces (Greenwood 1984). Mayr (1984) a fait remarquer qu'il n'est pas nécessaire de définir si précisément cette expression. Dans le même volume, Ribbink (1984) affirme que la monophylie récente dans le sens cladistique ne constitue pas un critère général d'un groupe d'espèces morphologiquement très similaires, car ces groupes ne forment pas des catégories taxonomiques selon la définition de Nelson (1971). Schön et Martens (2004) ont résumé les récentes propositions de changement des critères a) et c) ci-dessus, à savoir qu'un grand nombre d'espèces ne constituerait plus une exigence et que les espèces ancestrales n'ont pas besoin d'être endémiques au lac. De plus, ils font remarquer que des difficultés sont apparues en ce qui concerne l'application du critère d'endémicité en général (p. ex., dans certains cas, des espèces ont frayé dans un ancien lac parmi d'anciens groupes d'espèces morphologiquement très similaires qui ne sont pas lacustres – ils ne sont plus ou peut-être plus présents dans le lac). Dans le présent document, les ciscos correspondent à la définition actuelle plus générale de groupe d'espèces morphologiquement très similaires, surtout lorsque l'on tient compte de l'argument de Ribbink (1984). À un emplacement donné, on considère que tous les ciscos du Nouveau Monde, qu'ils vivent dans les Grands Lacs ou dans des lacs intérieurs, font partie de ce groupe d'espèces. De plus, certains aspects de la diversité des ciscos (p. ex., une seule forme divergente présente dans un réseau) devraient être inclus dans les considérations mentionnées précédemment.

Théoriquement, ces aspects représentent des espèces selon l'un des nombreux concepts existants (p. ex., environ 25, Mayden 2002). Néanmoins, si l'on regroupe les différences taxonomiques, les différences écologiques, les spécialisations trophiques connexes et peut-être les spécialisations en matière d'habitat, tout cela forme la base des différences entre les taxons cooccurrents. Divers degrés de différenciation (voir les annexes) parmi les taxons qui sont visiblement très liés constituent la base d'un groupe d'espèces morphologiquement très similaires. Par définition, un groupe d'espèces morphologiquement très similaires est associé à un endroit en particulier et diffère donc d'un autre groupe présent ailleurs. Les groupes d'espèces morphologiquement très similaires à différents endroits peuvent être analogues (c.-à-d. que le parallélisme dérive en fin de compte de différentes lignées ancestrales) ou homologues (c.-à-d. ils partagent la même lignée ancestrale).

Chaque composante (c.-à-d. taxon) d'un groupe de ciscos morphologiquement très similaires représente une partie de la diversité biologique générale de ce groupe. En outre, l'hypothétique cisco à mâchoires égales semble être plus étroitement lié aux ciscos sympatriques qu'aux taxons allopatriques des hypothétiques ciscos à mâchoires égales (Turgeon et Bourret 2013); le groupe d'espèces morphologiquement très similaires dans chaque lac y semble donc fonctionnellement endémique (voir Drew et Kaufman 2013) et représente une unité désignable à la diversité génétique potentiellement unique. D'après les clés relatives aux unités désignables du sous-comité de spécialistes des poissons d'eau douce du COSEPAC, chaque groupe de ciscos morphologiquement très similaires répond au critère suivant : l'unité désignable potentielle présente une ou des caractéristiques rares et distinctives (comportement, cycle biologique, physiologie, morphologie) qui représentent l'adaptation locale et définit l'unité désignable potentielle comme n'étant pas interchangeable sur le plan écologique avec d'autres unités désignables potentielles pour cette espèce, et comme étant une composante irremplaçable de la biodiversité du Canada. Comme l'affirme Bernatchez (1995), l'objectif de la biologie de conservation est de préserver l'intégrité génétique et les processus évolutifs. En conséquence, on estime que la meilleure façon d'y parvenir dans le cas des ciscos des Grands Lacs et des lacs intérieurs consiste à utiliser une approche axée sur des groupes d'espèces morphologiquement très similaires afin de définir les unités désignables.

Unités désignables

On a convenu d'un poids croissant de la preuve ou d'une hiérarchie de preuves comme moyens d'évaluation les critères relatifs aux unités désignables : paramètres biologiques (p. ex., trajectoires de croissance, taille/maturité), morphologie (caractères transmis), écologie (p. ex., isotopes stables, écologie trophique), habitat (p. ex., associations liées à la profondeur, nature de l'habitat/cycle biologique [lacustre, riverain], isolement reproductif) et preuves génétiques (p. ex., alloenzymes, microsatellites d'ADN, polymorphisme de longueur des fragments de restriction [RFLP], séquences d'ADN).

D'après les connaissances actuelles, l'application des critères liés aux groupes d'espèces morphologiquement très similaires à la diversité des ciscos du Nouveau Monde donnerait les unités désignables suivantes en lien avec *C. zenithicus* : lac White Partridge, Ontario (forme affichant un petit nombre de branchiospines et forme pélagique naine avec un grand nombre de branchiospines se chevauchant); lac Trout, Ontario (cisco, cisco à mâchoires égales); lac Brule, Ontario (forme affichant un petit nombre de branchiospines); lac Huron, Ontario (cisco de fumage, cisco à mâchoires égales); lac Supérieur, Ontario (cisco de fumage, cisco kiyi, cisco, cisco à mâchoires égales); lac Nipigon, Ontario (cisco de fumage, cisco à nageoires noires, cisco, cisco à mâchoires égales); lac Seul, Ontario (cisco à mâchoires égales, deux formes affichant un grand nombre de branchiospines); lac Sandybeach, Ontario (cisco, cisco à mâchoires égales); lac Loonhaunt, Ontario (forme affichant un grand nombre de branchiospines, hypothétique cisco à mâchoires égales); lac des Bois, Ontario (cisco, cisco à mâchoires égales); lac George, Manitoba (cisco, hypothétique cisco à mâchoires égales); lac Athapapuskow, Manitoba (Cisco, cisco à mâchoires égales); lac Reindeer, Manitoba (cisco, cisco à mâchoires égales); Grand lac des Esclaves, Territoires du Nord-Ouest (cisco, cisco de lac, hypothétique cisco à mâchoires égales, forme frayant dans des cours d'eau); et Grand lac de l'Ours, Territoires du Nord-Ouest (forme vivant en eau peu profonde, forme vivant en eau profonde). Des formes similaires au cisco à mâchoires égales ont été observées dans d'autres lacs du centre et de l'Ouest du Canada, mais leur état actuel est incertain (voir Murray et Reist 2003); elles ne seront donc pas incluses ici. Le tableau 1 résume les preuves actuelles pour chaque unité désignable.

L'occurrence bien documentée de multiples formes de ciscos du Nouveau Monde à un emplacement restreint donné (généralement un lac) et les conclusions tirées quant au niveau taxonomique des formes constituantes (c.-à-d. sont des espèces ou lui sont équivalentes sur le plan fonctionnel) forment la base de l'identification dans la situation où une unité désignable respecte le critère relative au groupe d'espèces morphologiquement très similaires aux ciscos. Les groupes d'espèces morphologiquement très similaires sont associés à un endroit en particulier, représentent vraisemblablement un historique d'évolution locale unique, découlent probablement surtout de processus de diversification *in situ* (c.-à-d. phénomènes sympatriques, péripatriques ou parapatriques) et sont en grande partie fonction des considérations liées à l'habitat propres à l'endroit (p. ex., historique glaciaire unique, diversité de l'habitat comme une grande fourchette de profondeurs ou de multiples échancrures, faible diversité des autres espèces de poisson). En conséquence, le groupe d'espèces morphologiquement très similaires en tant qu'unité désignable ne peut être séparé de l'emplacement où ce groupe a évolué. Les résultats biologiques (c.-à-d. le groupe d'espèces) et l'habitat dans lequel il est présent sont donc essentiellement des composantes interreliées de ce type de diversité. L'accouplement raisonné en fonction de l'habitat serait sous-jacent à la conservation des différences. Les unités désignables selon ce concept sont propres à un emplacement tout en étant uniques sur le plan taxonomique. De cette façon, l'habitat local est un élément essentiel de l'unité désignable. Les résultats de la différenciation allopatrique (c.-à-d. taxons distincts à l'échelle de l'espèce)

pourraient être inclus dans le groupe d'espèces morphologiquement très similaires, surtout si leurs origines ne sont pas bien documentées.

Tableau 1. Critères des unités désignables observés dans la hiérarchie de preuves quant aux groupes de ciscos morphologiquement très similaires apparentés à C. zenithicus *au Canada.*

Unité désignable	Biologie	Morphologie	Écologie	Habitat	Génétique	Soutien de l'UD
Ontario						
Lac White Partridge	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui (quelques-unes)	Oui
Lac Trout	Oui	Oui	En cours	Oui	Oui (forte)	Oui
Lac Brule (nouvelle occurrence)	-	-	-	-	Non	Incertain
Lac Huron	-	Oui	-	Oui	-	Oui
Lac Supérieur	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui (faible)	Oui
Lac Nipigon	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui (forte)	Oui
Lac Seul	En cours	Oui	En cours	-	-	Incertain
Lac Sandybeach	-	Oui	-	Oui	-	Incertain
Lac Loonhaunt	-	Oui?	-	-	-	Incertain
Lac des Bois	En cours	Oui	En cours	Oui	Oui (forte)	Oui?
Manitoba						
Lac George	-	Oui	-	Oui	-	Incertain
Lac Athapapuskow	-	Oui	-	Oui	Oui (forte)	Oui?
Lac Reindeer	-	Oui	-	-	-	Incertain
Northwest Territories						
Grand lac des Esclaves	Oui	Oui	Oui	Oui	No	Incertain
Grand lac de l'Ours	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui (forte)	Oui

Le concept de groupes d'espèces morphologiquement très similaires dont il est question ci-dessus doit reposer sur des preuves. Cela signifie que la simple cooccurrence de deux « espèces » ou formes de cisco n'implique pas nécessairement un tel groupe d'espèces. Par exemple, la présence d'une forme de cisco qui utilise les habitats riverains et est différente sur le plan écologique par rapport à la forme qui utilise les habitats lacustres dans le même bassin pourrait simplement signifier une variation du cycle biologique; ces formes ne devraient donc pas être considérées comme constituant un groupe d'espèces morphologiquement très similaires. Cependant, la présence des éléments ci-dessus en plus de différentes formes cooccurrentes de cisco dans un lac permettrait vraisemblablement de considérer un possible groupe d'espèces morphologiquement très similaires.

Enfin, comme il est indiqué dans le centre de l'Amérique du Nord, le concept amené précédemment est restreint au groupe de ciscos du Nouveau Monde qui proviennent d'un refuge glaciaire au sud des nappes glaciaires du Pléistocène. Les ciscos d'origine béringienne présentent des affinités avec les formes de l'Ancien Monde et sont exclus malgré le fait que certains d'entre eux coexistent avec des ciscos du Nouveau Monde.

Les niveaux de différenciation entre les membres de groupes d'espèces morphologiquement très similaires peuvent être relativement faibles; ils semblent maintenus en raison de l'accouplement raisonné associé, entre autres, à l'intégrité des habitats. À leur tour, les facteurs qui menacent l'intégrité de l'habitat menacent la diversité du groupe d'espèces morphologiquement très similaires. Un facteur général, l'hybridation entre les formes, constitue

une menace supplémentaire. L'hybridation ne fait pas qu'effacer les limites taxonomiques facilitant l'identification : elle détruit aussi l'intégrité de la lignée et diminue donc sérieusement la diversité à cette échelle.

Sources d'incertitude

- manque de preuves à l'appui de la détermination des unités désignables et des associations de formes entre les emplacements;
- preuves contradictoires;
- différents poids associés à diverses sources de données probantes par des experts en taxonomie;
- variation dans les méthodes utilisées pour recueillir et analyser les données;
- analyse incomplète pour l'ensemble de l'aire de répartition;
- différents délais parmi les emplacements pendant lesquels la différenciation s'est produite, et donc différents degrés de différence entre les taxons coexistants;
- situations parallèles non étudiées ou inconnues;
- situations où la diversité préexistante a été réduite ou modifiée par des facteurs d'origine anthropique;
- compréhension incomplète des processus évolutifs propres à ce groupe (p. ex., évolution divergente ou réticulée).

Hypothèses

- Le nombre de branchiospines, un caractère clé pour différencier les taxons de ciscos, est considéré comme étant habituellement héréditaire et non labile après un certain âge ou une certaine taille.
- En ce qui a trait aux UD décrites, on suppose avoir défini la majorité des formes présentes.
- On suppose que la diversité de formes reflète une diversité sous-jacente de la fonction; elle est donc pertinente sur le plan écologique (et peut-être évolutif).
- Les aspects de la diversité présente dans l'écosystème (p. ex., habitat, bassins) sont en quelque sorte liés à la diversité en découlant (écologique, fonctionnelle).

CONCLUSIONS ET AVIS

Le cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*) est valide sur le plan taxonomique dans les Grands Lacs et le lac Nipigon d'après la description originale de Jordan et Evermann (1909) et reprise par Koelz (1929); toutefois, de récentes évaluations morphologiques, biochimiques et biogéographiques remettent en question cette validité (Bailey et Smith 1981; Smith et Todd 1984; Turgeon et Bernatchez 2001a, b; 2003 entre autres).

C. alpenae des lacs Érié, Michigan et Huron, et *C. nigripinnis cyanopterus* des lacs Supérieur et Nipigon ont par la suite été associés au cisco à mâchoires égales (Todd et Smith 1980; Todd et al. 1981).

La taxonomie mentionnée ci-dessus est principalement fondée sur la morphologie; cependant, d'autres études écologiques et génétiques ont démontré que c'est insuffisant pour aborder la diversité entre les ciscos et parmi ceux-ci (*Coregonus* sp.).

L'application de ces approches en dehors des Grands Lacs a davantage démontré cette insuffisance; plus précisément, les différences morphologiques dans certaines situations ne

correspondent pas aux données écologiques et génétiques attendues, ce qui entraîne des incohérences lors de l'identification taxonomique (et les associations possibles) entre les lacs.

De plus, dans les Grands Lacs, l'application d'une approche axée sur la morphologie ne reflète pas toujours les relations évolutives; cela s'applique également aux situations à l'extérieur des Grands Lacs.

En conséquence, il est nécessaire de mettre en place une nouvelle approche de délimitation des taxons (p. ex., taxons possibles, morphotypes, écotypes) parmi les ciscos et les unités désignables. Les ciscos concernés par ces questions comprennent : *C. artedii* (cisco de lac), *C. hoyi* (cisco de fumage), *C. kiyi* (cisco kiyi), C. nigripinnis (cisco à nageoires noires), *C. nipigon* et *C. zenithicus* (cisco à mâchoires égales) dans les localités types (Grands Lacs laurentiens) et l'hypothétique *C. zenithicus* (cisco à mâchoires égales) des zones à l'extérieur des Grands Lacs laurentiens. Les taxons ci-dessus représentent les ciscos du Nouveau Monde; il n'est pas recommandé d'utiliser cette approche en ce qui concerne les ciscos de l'Ancien Monde (c.-à-d. *C. autumnalis* [cisco arctique] et *C. laurettae* [cisco du Bering]).

En outre, il semble que de multiples formes de cisco à un même emplacement et que les caractéristiques de ces emplacements eux-mêmes soient des situations qui soutiennent l'évolution, la présence et la conservation de la diversité des ciscos.

En conclusion, une approche axée sur un groupe d'espèces morphologiquement très similaires est considérée comme appropriée pour évaluer l'état de conservation de cette faune d'eau douce unique au Canada. Par exemple, le groupe de ciscos du lac Nipigon comprend : le cisco de lac, le cisco à mâchoires égales, le cisco à nageoires noires et le cisco de fumage, et le groupe de ciscos du lac Supérieur comprend : le cisco de lac, le cisco à mâchoires égales, le cisco kiyi et le cisco de fumage. Ces exemples correspondent à l'éventail suivant de définitions de l'expression « groupe d'espèces morphologiquement très similaires » : a) un niveau élevé d'endémicité parmi les espèces constituantes, leur étroite relation phylogénétique (monophylétique) et leur circonscription géographique (Greenwood 1984), b) un assemblage d'un nombre disproportionnellement élevé (par rapport aux environs) d'espèces étroitement liées qui ont apparemment évolué rapidement dans une zone excessivement restreinte à laquelle toutes les espèces concernées sont endémiques (la monophylie récente n'est pas une exigence de cette définition [Nelson 1971 dans Ribbink 1984]) (Ribbink 1984), et c) un groupe monophylétique d'espèces vivant dans un lac ou étant originaires d'un lac (Smith et Todd 1984).

En présence d'un groupe d'espèces morphologiquement très similaires ou de plus d'une forme de ces ciscos, on examine la possibilité de combiner les formes de cisco et les circonstances uniques de cet emplacement pour représenter une hypothétique unité désignable. Cette approche s'applique aussi aux autres taxons possibles de cisco (p. ex., *C. nigripinnis*, *C. nipigon*).

La conséquence est que les unités désignables suivantes sont définies comme s'appliquant aux emplacements désignés précédemment et où *C. zenithicus* est présent : lac White Partridge, Ontario (deux formes), lac Trout, Ontario (deux formes), lac Brule, Ontario (une forme), lac Huron, Ontario (trois formes); lac Supérieur, Ontario (quatre formes), lac Nipigon, Ontario (quatre formes), lac Seul, Ontario (trois formes), lac Sandybeach, Ontario (deux formes), lac Loonhaunt, Ontario (deux formes), lac des Bois, Ontario (deux formes), lac George, Manitoba (deux formes), lac Athapapuskow, Manitoba (deux formes), lac Reindeer, Manitoba (deux formes), Grand lac des Esclaves, Territoires du Nord-Ouest (quatre formes) et Grand lac de l'Ours, Territoires du Nord-Ouest (deux formes). Un seul des ciscos hypothétiques dans chaque lac représente le cisco à mâchoires égales proposé.

Les autres situations où des ciscos différents ou inhabituels sont présents (p. ex., lorsque seulement une forme est présente) doivent être évaluées attentivement selon cette approche menant à la désignation d'unités désignables pour s'assurer que l'essentiel de la diversité est évalué.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 30 au 31 octobre 2012 sur l'Examen pré-COSEPAC concernant le cisco à mâchoires égales. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

Bailey, R.M., and Smith, G.S. 1981. Origin and geography of the fish fauna of the Laurentian Great Lakes basin. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 1539-1561.

Becker, G.C. 1983. Fishes of Wisconsin. The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin. 1052 p.

Bernatchez, L. 1995. A role for molecular systematics in defining evolutionarily significant units in fishes. In Evolution et the aquatic ecosystem: defining unique units in population conservation. Edited by J.L. Nielsen. American Fisheries Society Symposium 17, Bethesda, MD. p. 114-132.

Bernatchez, L., Colombani, F., and Dodson, J.J. 1991. Phylogenetic relationships among subfamily Coregoninae as revealed by mitochondrial DNA restriction analysis. J. Fish Biol. 39: 283-290.

Bodaly, R.A., Vuorinen, J., Ward, R.D., Luczynski, M., et Reist, J.D. 1991. Genetic comparisons of new and old world coregonid fishes. J. Fish Biol. 38: 37-51.

Chereshnev, I.A. 1979. Zoogeography and relationships of the fresh-water fishes from Chukch Peninsula. Abstracts of Papers – Pacific Science Congress, Committee C, Geography; Committee D, Pacific Island Ecosystems, including abstracts of reports, Pacific Science Association, XIV Pacific Science Congress, August 1979, Khabarovsk, USSR: 208-210.

Clarke, R.M. 1973. Systematics of ciscoes (Coregonidae) in central Canada. Thesis (Ph.D.) University of Manitoba, Winnipeg, MB. 219 p.

Drew, J., et Kaufman, L. 2013. Functional endemism: population connectivity, shifting baselines, and the scale of human experience. Ecol. Evol. 3: 450-456.

Eddy, S., et Underhill, J.C. 1978. How to know the northern fishes. Wm. C. Brown Co. Publishers, Dubuque, Iowa. 215 p.

Etnier, D.A., et Skelton, C.E. 2003. Analysis of three cisco forms (Coregonus, Salmonidae) from Lake Saganaga and adjacent lakes near the Minnesota/Ontario border. Copeia 2003(4): 739-749.

Greenwood, P.H. 1984. What is a species flock? In Evolution of Fish Species Flocks. Edited by A.A. Echelle and I. Kornfield. University of Maine at Orono Press, Orono, Maine. pp. 13-19.

Houston, J.J. 1988. Status of the Shortjaw Cisco, Coregonus zenithicus, in Canada. Can. Field-Nat. 102: 97-102.

Howland, K., Gallagher, C., Boguski, D., Reist, J., Chavarie, L., et Wiley, S. 2013. Variation in morphology, life history and ecology of cisco in Great Bear Lake, Northwest Territories, Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/nnn: vi + xx p.

Jordan, D.S., et Evermann, B.W. 1909. Descriptions of three new species of cisco, or lake herring (Argyrosomus), from the Great Lakes of America; with a note on the species of whitefish. Proc. U.S. Natl. Mus. 36: 165-172.

Koelz, W. 1929. Coregonid fishes of the Great Lakes. Bull. U.S. Bur. Fish. 43: 297-643.

Kottelat, M., et Freyhof, J. 2007. Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany. xiii + 646 p.

Lindsey, C.C., et McPhail, J.D. 1986. Zoogeography of fishes of the Yukon and Mackenzie basins. In The Zoogeography of North American Freshwater Fishes. Edited by C.H. Hocutt and E.O. Wiley. John Wiley and Sons, New York. p. 639-674.

Lockwood, S.F., Dillinger, R.E., Birt, T.P., Green, J.M., et Snyder, T.P. 1993. Phylogenetic relationships among members of the Coregoninae inferred from direct sequencing of PCR-amplified mitochondrial DNA. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2112-2118.

Mayden, R.L. 2002. On biological species, species concepts and individuation in the natural world. Fish and Fisheries 3: 171-196.

Mayr, E. 1984. Evolution of fish species flocks: a commentary. In Evolution of Fish Species Flocks. Edited by A.A. Echelle and I. Kornfield. University of Maine at Orono Press, Orono, Maine. p. 3-11.

Murray, L. 2006. A morphological examination of sympatric cisco forms in four lakes with specific reference to the occurrence of Shortjaw Cisco (Coregonus zenithicus) in Manitoba. Thesis (M.Sc.), University of Manitoba, Winnipeg, MB. xvi + 280 p.

Murray, L., et Reist, J.D. 2003. Status report on the Shortjaw Cisco (Coregonus zenithicus) in central and western Canada. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2638: 56 p.

Nelson, G.J. 1971. Paraphyly and polyphyly: redefinitions. Syst. Zool. 20: 471-472.

Nelson, J.S., Crossman, E.J., Espinosa-Pérez, H., Findley, L.T., Gilbert, C.R., Lea, R.N., et Williams, J.D. 2004. Common and Scientific Names of Fishes from the United States, Canada and Mexico. American Fisheries Society Special Publication 29. Bethesda, MD. 386 p.

Politov, D.V., Bickham, J.W., et Patton, J.C. 2004. Molecular phylogeography of Palearctic and Nearctic ciscoes. Ann. Zool. Fennici 41: 13-23.

Reed, K.M., Dorschner, M.O., Todd, T.N., et Phillips, R.B. 1998. Sequence analysis of the mitochondrial DNA control region of ciscoes (genus Coregonus): taxonomic implications for the Great Lakes species flock. Mol. Ecol. 7: 1091-1096.

Ribbink, A.J. 1984. Is the species flock concept tenable? In Evolution of Fish Species Flocks. Edited by A.A. Echelle and I. Kornfield. University of Maine at Orono Press, Orono, Maine. p. 21-25.

Sajdak, S.L., et Phillips, R.B. 1997. Phylogenetic relationships among Coregonus species inferred from the DNA sequence of the first transcribed spacer (ITS1) of ribosomal DNA. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 1494-1503.

Schön, I., et Martens, K. 2004. Adaptive, pre-adaptive and non-adaptive components of radiation in ancient lakes: a review. Org. Divers. Ecol. 4: 137-156.

Scott, W.B., et Crossman, E.J. 1973. Freshwater Fishes of Canada. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 184. Ottawa, ON. 966 p.

Smith, G.R., et Todd, T.N. 1984. Evolution of species flocks of fishes in north temperate lakes. In Evolution of Fish Species Flocks. Edited by A.A. Echelle and I. Kornfield. University of Maine at Orono Press, Orono, Maine. p. 45-68.

Smith, G.R., et Todd, T.N. 1992. Morphological cladistics study of Coregoninae fishes. Pol. Arch. Hydrobiol. 39: 479-490.

Steinhilber, M., et Rhude, L. 2001. Distribution and relative abundance of the shortjaw cisco (Coregonus zenithicus) in Alberta. Alberta Species at Risk Report No. 3: 19 p.

Steinhilber, M., Nelson, J.S., et Reist, J.D. 2002. A morphological and genetic re-examination of sympatric shortjaw cisco (Coregonus zenithicus) and lake herring (C. artedi) in Barrow Lake, Alberta, Canada. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 57: 463-478.

Todd, T.N. 2003. Update COSEWIC status report on the Shortjaw Cisco, Coregonus zenithicus, in Canada in COSEWIC assessment and update status report on the Shortjaw Cisco, Coregonus zenithicus, in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa, ON. 19 p.

Todd, T.N., et Smith, G.R. 1980. Differentiation in Coregonus zenithicus in Lake Superior. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 2228-2235.

Todd, T.N., et Steinhilber, M. 2002. Diversity in shortjaw cisco (Coregonus zenithicus) in North America. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 57: 517-525.

Todd, T.N., Smith, G.R., et Cable, L.E. 1981. Environmental and genetic contributions to morphological differentiation in ciscoes (Coregoninae) of the Great Lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 59-67.

Turgeon, J., et Bernatchez, L. 2001a. Clinal variation at microsatellite markers reveals extensive historical secondary contacts between refugial races of Coregonus artedi (Teleostei: Coregoninae). Evolution 55: 2274-2286.

Turgeon, J., et Bernatchez, L. 2001b. Mitochondrial DNA phylogeography of lake cisco (Coregonus artedi): evidence supporting extensive secondary contacts between two glacial races. Mol. Ecol. 10: 987-1001.

Turgeon, J., et Bernatchez, L. 2003. Reticulate evolution and phenotypic diversity in North American ciscoes, Coregonus spp. (Teleostei: Salmonidae): implications for the conservation of an evolutionary legacy. Conserv. Gen. 4: 67-81.

Turgeon, J., et Bourret, A. 2013. Genetic differentiation and origin of the Shortjaw Cisco (Coregonus zenithicus) in the Great Lakes and other inland Canadian lakes. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/046. iv + 35 p.

Turgeon, J., Estoup, A., et Bernatchez, L. 1999. Species flocks in the North American Great Lakes: molecular ecology of Lake Nipigon ciscoes (Teleostei: Coregonidae: Coregonus). Evolution 53: 1857-1871.

ANNEXES : MODES DE DIFFÉRENCIATION SUR LE PLAN DE L'ÉVOLUTION

Deux modes de différenciation sur le plan de l'évolution ont été reconnus par le passé :

ANAGÉNÉTIQUE – Changement unidirectionnel dans une lignée simple, non ramifiée, qui implique une seule espèce à un moment précis (figure 1a de l'annexe; McNamara 2006). L'anagénèse devrait inclure les effets fondateurs attribuables à un petit nombre de colonisateurs, la dérive génique/phénotypique découlant de l'évaluation de petits groupes de populations fondatrices (colonisateurs) et la différenciation des valeurs des caractères liées à la sélection locale et à l'adaptation subséquente.

CLADOGÉNÉTIQUE – Événement de ramification directionnelle (spéciation) impliquant plusieurs espèces qui évoluent simultanément (figure 1b de l'annexe; McNamara 2006).

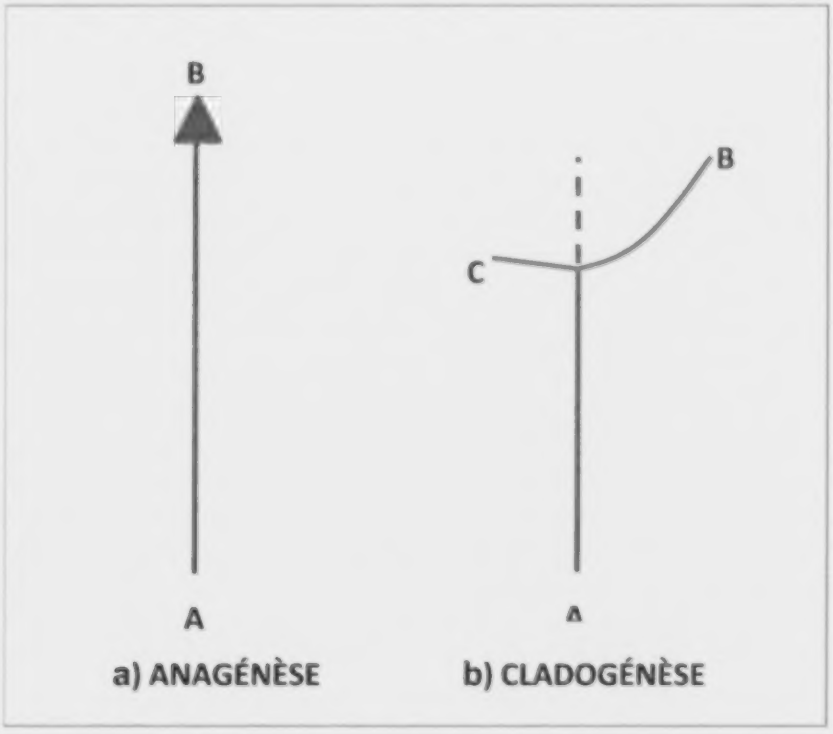

Figure 1 de l'annexe. Tendances de base de la différenciation sur le plan de l'évolution.

La spéciation cladogénétique a une composante géographique, alors plusieurs « types » ou modes de spéciation cladogénétique ont été définis (voir Mayr 1963; Futuyma 1986; Ridley 1993; Losos et Glor 2003; McNamara 2006; Bird *et al.* 2012 entre autres) (figure 2 de l'annexe) :

i. Allopatrique stricte – Spéciation de populations séparées sur le plan géographique.

ii. Sympatrique stricte (écologique) – Spéciation qui se produit au sein de populations panmictiques.

iii. Parapatrique (conditionnelle à la spéciation allopatrique) – La nouvelle espèce forme une population dont l'aire de répartition est adjacente celle de l'espèce ancestrale.

iv. Péripatrique (conditionnelle à la spéciation sympatrique) – La nouvelle espèce forme une petite population isolée aux limites de l'aire de répartition de la population ancestrale.

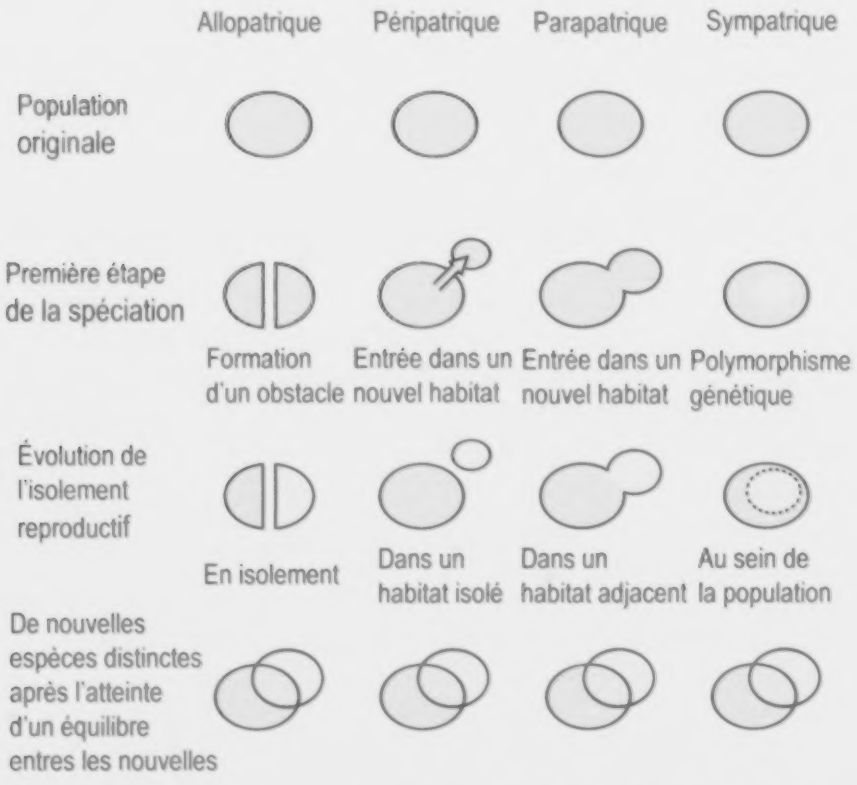

Figure 2 de l'annexe. Modes de spéciation cladogénétique. Modifié d'après la figure créée par Ilmari Karonen et utilisée conformément à la licence Attribution – Partage dans les mêmes conditions 3.0 non transposé.

L'anagénèse et la cladogénèse peuvent se produire simultanément et selon différentes combinaisons parmi les emplacements. Les deux processus favorisent l'hétérogénéité, tandis que l'hybridation, l'introgression, l'invasion génétique et le forçage génétique (comme la panmixie) sont des forces compensatoires qui favorisent l'homogénéité (p. ex., voir Allendorf *et al.* 2001).

ANNEXE – SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Allendorf, F.W., Leary, R.F., Spruell, P., et Wenburg, J.K. 2001. The problems with hybrids: setting conservation guidelines. Trends Ecol. Evol. 16: 613-622.

Bird, C.E., Fernandez-Silva, I., Skillings, D.J., et Toonen, R.J. 2012. Sympatric speciation in the post "modern synthesis" era of evolutionary biology. Evol. Biol. 39: 158-180.

Futuyma, D.J. 1986. Evolutionary Biology. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA. viii + 670 p.

Losos, J.B., et Glor, R.E. 2003. Phylogenetic comparative methods and the geography of speciation. Trends Ecol. Evol. 18: 220-227.

Mayr, E. 1963. Animal Species and Evolution. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA. xiv + 797 p.

McNamara, K.J. 2006. Evolutionary trends. In eLS [Encyclopedia of Life Sciences]. John Wiley & Sons Ltd., Chichester. 7 p.

Ridley, M. 1993. Evolution. Blackwell Scientific Publications Inc., Cambridge, MA. viii + 670 p.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Centre et de l'Arctique
Pêches et Océans Canada
501 Université Crescent
Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

Téléphone : 204-983-5131
Courriel : xcna-csa-cas@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2013

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2013. Avis sur la validité de la taxonomie et les unités désignables des populations de cisco à mâchoires égales (*Coregonus zenithicus*) au Canada. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2013/044.

Also available in English :

*DFO. 2013. Advice on taxonomic validity and designatable units of Shortjaw Cisco (*Coregonus zenithicus*) populations in Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2013/044.*